

УДК 004.93

DOI: 10.15587/2312-8372.2020.202433

РОЗРОБКА МЕТОДУ СТИСНЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ НА ОСНОВІ JPEG АЛГОРИТМУ

Федорченко Є. М., Олійник А. О., Степаненко О. О., Корнієнко С. К., Харченко А. С., Лактіонов В. В.

У роботі розглянуто проблему оптимізації зображень, а саме зменшення фізичного розміру зображення, шляхом якомога меншого погіршення якості зображення. Об'єктом дослідження є методи для обробки та стиснення зображень. Під час аналізу методів було виявлено одну з найбільших проблем, яка полягає у тому, що при вирішенні задачі обробки та стиснення зображення досліджені методи дозволяють досягти найменшої втрати якості, але внаслідок цього значно зменшується коефіцієнт стиснення. Для подолання цієї проблеми було прийнято рішення розробити модифікацію JPEG алгоритму стиснення. Запропонована модифікація полягає у додатковому квантуванні спектру після дискретного косинусного перетворення, а потім отриманий спектр подається на кодер Хаффмана, який робить стиснення ще більш ефективним. Отримано метод вирішення задачі оптимізації зображень, який дозволяє отримати зображення з меншим розміром та більшим коефіцієнтом стиснення при збереженні оптимальної якості. Це пов'язано з тим, що запропонований метод має ряд особливостей, таких як вихідне кольорове зображення, що може мати 24 біта на точку, зокрема є можливість задання ступеня стиснення. Завдяки цьому забезпечується можливість отримання при коефіцієнті якості, що дорівнює нулю співвідношення сигнал/шум, яке складає 54,2 dB. У порівнянні з відомим алгоритмом LZW, це дозволяє отримати оброблене зображення зі значно меншим фізичним розміром. Проведена оцінка якості зображення в залежності від параметрів задачі та показано, що для задач малої та середньої розмірності розроблений метод забезпечує мінімальну втрату якості. Результати рішення задачі для конкретного прикладу демонструють перевагу розробленого методу над існуючими. Отримані результати можуть бути успішно застосовані для вирішення проблеми оптимізації розміру зображення при максимальному збереженні якості.

Ключові слова: метод стиснення, оптимізація зображення, JPEG алгоритм, якість зображення, розмір зображення.

1. Вступ

Останнім часом методи стиснення та оброблення зображень широко використовуються в різних галузях інформаційних технологій, наприклад, для підвищення швидкості завантаження контенту на сайтах з великою кількістю зображень. Проте відомі методи не дозволяють досягти оптимального стиснення зображень, тому що в їхню основу покладений не зовсім ідеальний баланс між якістю та розміром зображення. При великому стисненні значно зменшується розмір, але і значно втрачається якість зображення, та навпаки, якщо зберегти якість, то розмір зображення зменшується не в тій кількості, в якій потрібно. Тому актуальною є задача розроблення модифікації методу оброблення та стиснення зображень [1]. Об'єктом дослідження є методи для обробки та стиснення зображень. Метою дослідження є розробка методу для обробки та стиснення зображень для того, щоб максимально зменшити розмір зображень, значно не впливаючи на якість зображення.

2. Методика проведення досліджень

Економія місця в JPEG починається на етапі подання зображення. Замість звичного RGB в ньому використовується YCbCr. Зображення розбивається на блоки 8x8 пікселів. Кожен блок піддається дискретному косинусному перетворенню (ДКП), яке переводить блок з просторового в спектральний вид. Спектр можна стиснути ефективніше, ніж окремі пікселі. Додатково спектр піддається квантуванню, що збільшує кількість нулів у блоці. Оквантовані

спектральні коефіцієнти стискаються серіями. Після стиснення серій результат подається на кодер Хаффмана [2], який робить стиснення ще більш ефективним. Далі весь процес повторюється для кожного блоку зображення. З цього виходить, що чим вище ступінь квантування, тим більше стисле зображення на виході.

Основним етапом роботи методу є дискретне косинусне перетворення (ДКП), що представляє собою різновид перетворення Фур'є [3]. Воно дозволяє переходити від просторового представлення зображення до його спектрального подання і назад. Всі перетворення, які зазвичай робляться над сигналами при їх цифровій обробці, так чи інакше зводяться до розкладання функції в інші, так звані базисні функції [4].

Але таке двовимірне подання дозволяє помітити цікаві особливості – видно, що горизонтальна координата положення базисної функції характеризує горизонтальну складову змін зображення у вихідному квадраті, вертикальна координата – вертикальну складову. Чим більше, наприклад, коефіцієнт перед базисною функцією, розташованою правіше щодо початку, тим більше різких переходів зображення в горизонтальній площині ми маємо [5].

Застосувавши ДКП до кожної робочої матриці, одержуємо матрицю, в якій коефіцієнти в лівому верхньому куті відповідають низькочастотній складовій зображення, а в правому нижньому – високочастотній.

Слід створити ДКП матрицю, використовуючи таку формулу [6]:

$$DCT_{ij} = \begin{cases} 1/\sqrt{N}, & \text{якщо } i = 0, \\ \sqrt{2/N} \cdot \cos((2j+1)i \cdot 3.14/2N), & \text{якщо } i > 0, \end{cases} \quad (1)$$

де N – розмір матриці, що дорівнює 8; i – рядок матриці $0 < i < 7$ та j – стовпець матриці $0 < j < 7$.

Матричне перемноження проводимо, використовуючи:

$$P_{DCT} = DCT \cdot P \cdot DCT^T, \quad (2)$$

де P – блок зображення розміром 8x8 елементів; P_{DCT} – блок після проходження ДКП; DCT – матриця косинусного перетворення; DCT^T – відповідна транспонована матриця [7].

В процесі квантування використовується те, що в реальних зображеннях високочастотні складові майже ніколи не зустрічаються, але не завжди є сітка шириною в один піксель. Тому кодувати високочастотні компоненти можна більш схематично. І тут нас ще раз виручає уявлення результатів ДТС в двовірному вигляді [8].

Тепер потрібно кожне число в матриці P_{DCT} розділити на число у відповідній позиції в матриці квантування. Коли отримуємо дробові числа, їх головне правильно округлити до цілих. Якщо провести зворотне перетворення, то відхилення від еталонних значень не перевищуватимуть 10 %. На цьому втрата інформації закінчується, інші перетворення відносяться до методів без втрати інформації.

Отже, істотними позитивними сторонами алгоритму JPEG є те, що: а) задається ступінь стиснення; б) вихідне кольорове зображення може мати 24 біта на точку.

Негативними сторонами алгоритму є те, що:

а) при підвищенні ступеня стиснення зображення розпадається на окремі квадрати (8x8). Це пов'язано з тим, що відбуваються великі втрати в низьких частотах при квантуванні, і відновити вихідні дані стає неможливо;

б) виявляється ефект Гіббса-ореоли [9] по межах різких переходів кольорів.

3. Результати досліджень та обговорення

Одна з проблем машинної графіки полягає в тому, що до цих пір не знайдено адекватний критерій оцінки втрат якості зображення. Найкраще втрати якості зображень оцінюють наші очі. Міра, яку зараз використовують на практиці, називається мірою відношення сигналу до шуму (peak to peak signal-to-noise ratio – PSNR) [10]:

$$P_{DCT} = DCT \cdot P \cdot DCT^T. \quad (3)$$

Досліджувалося і співвідношення сигнал/шум при різних параметрах коефіцієнта якості Q . При збільшенні Q спостерігається зменшення відношення сигнал/шум. Слід зауважити, що при $Q=0$ співвідношення сигнал/шум дорівнює 54,2 dB. Це пов'язано з тим, що зображення все одно піддається обробці. В цьому випадку втрати відбуваються не в процесі квантування, а на етапах округлення змінних. Слід зазначити дві області: спочатку різке зменшення відношення сигнал/шум, а потім незначна зміна при значному збільшенні коефіцієнта якості. Це важливо з практичної точки зору, тому що дозволяє користувачеві значно полегшити пошук компромісу між якістю зображення та ступенем стиснення.

На рис. 1 наведено графік залежності коефіцієнта стиснення від коефіцієнта якості, тобто характеристика залежності ступеня зображення упаковки від його якості. При максимальній якості ($Q=0$).

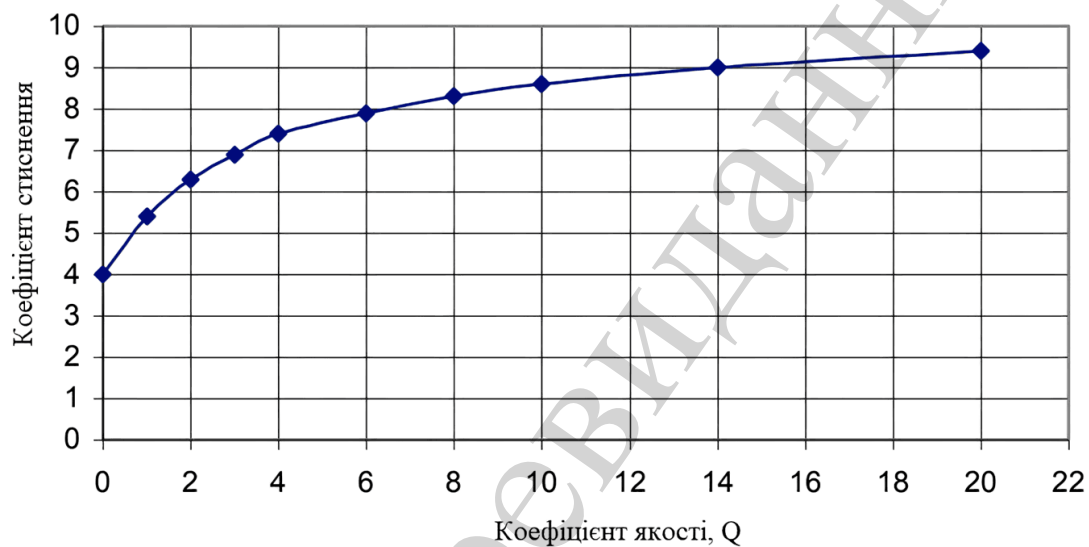


Рис. 1. Графік залежності коефіцієнта стиснення від коефіцієнта якості

Коефіцієнт стиснення мінімальний та дорівнює 4. Зниження вимог до якості зображення дозволяє підвищувати коефіцієнт стиснення. Залежність носить характер з насиченням, що обумовлено використанням адаптивного методу Хаффмана, який сам по собі має обмежений коефіцієнт стиснення.

4. Висновки

Запропоновано розв'язання задачі оброблення та стиснення зображень. Розроблено метод оброблення та стиснення зображення, який полягає у розв'язанні багатокритеріальної задачі оптимізації фізичного розміру зображення без суттєвих втрат якості. Розроблений метод дозволяє отримати оброблене зображення зі значно меншим фізичним розміром, що дуже доцільно для економії місця на носіях даних та для прискорення завантаження інтернет сторінок з великою кількістю зображень.

Проведено оцінку часу розрахунку в залежності від параметрів задачі. Встановлено, що для задач малої та середньої розмірності розроблений метод забезпечує прийнятний час рахунку. Результати розв'язання задачі для конкретного прикладу демонструють перевагу розробленого методу над існуючими. Таким чином, модифіковано JPEG алгоритм для стиснення зображення та оптимізації фізичного розміру зображення. Використання цього методу стиснення при вирішенні даного завдання показали свою високу обчислювальну ефективність та дають ефективний інструмент для вирішення зазначеного завдання.

Отже, отримані результати дозволяють зробити висновок про те, що запропонований

метод для обробки та стиснення зображень є доцільним та ефективним для вирішення проблеми оптимізації фізичного розміру зображення без суттєвих втрат якості.

References

1. David, S. (2004). Image Compression. *Data Compression*. New York: Springer-Verlag, 251–512. doi: http://doi.org/10.1007/0-387-21832-7_5
2. Gray, R. M. (1991). Image compression. *Data Compression Conference*. Snowbird. doi: <http://doi.org/10.1109/dcc.1991.213293>
3. Howard, P. G., Vitter, J. S. (1992). Parallel lossless image compression using Huffman and arithmetic coding. *Data Compression Conference*. doi: <http://doi.org/10.1109/dcc.1992.227451>
4. Ansari, R., Memon, N., Tseran, E. (1998). Image lossless compression methods. *Journal of Electronic Imaging*, 7 (3), 486–494. doi: <http://doi.org/10.1117/1.482591>
5. Horspool, R. N. (1991). Improving LZW (data compression algorithm). *Data Compression Conference*. doi: <http://doi.org/10.1109/dcc.1991.213347>
6. Salari, E., Whyte, W. A. (1991). Compression of stereoscopic image data. *Data Compression Conference*. doi: <http://doi.org/10.1109/dcc.1991.213336>
7. Halder, A., Banerjee, A. (2010). An efficient image compression algorithm for almost dual-color image based on k-means clustering, bit-map generation and RLE. *International Conference on Computer and Communication Technology (ICCT)*. doi: <http://doi.org/10.1109/icct.2010.5640529>
8. Firas, A. J., Hind, E. Q. (2012). Five Modulus Method for Image Compression. *Signal & Image Processing : An International Journal*, 3 (5), 19–28. doi: <http://doi.org/10.5121/sipij.2012.3502>
9. Wu, X., Memon, N. (1997). Context-based, adaptive, lossless image coding. *IEEE Transactions on Communications*, 45 (4), 437–444. doi: <http://doi.org/10.1109/26.585919>
10. Tinku, A., Ping-Sing, T. (2005). JPEG – Still Image Compression Standard. *JPEG2000 Standard for Image Compression*. Springer, 55–78. doi: <http://doi.org/10.1002/0471653748.ch3>